

# Los Robots del Futuro y su Importancia para México

E.F. Morales, L.E. Sucar  
INAOE

## 1 Introducción

En diversos laboratorios en el mundo está surgiendo una nueva generación de robots que pueden entender y asistir a los seres humanos: los robots de servicio. Se predice que los robots de servicio van a transformar en buena medida la vida de las personas en un futuro próximo, ya que realizarán una gran cantidad de tareas en beneficio de la humanidad. Estas van desde tareas cotidianas como cortar pasto, labores que requieren de cierto entrenamiento especializado como cuidar personas de avanzada edad o enfermas, trabajo que involucran un alto grado de exactitud, como intervenciones en cirugía de alta precisión, hasta tareas que involucran riesgos elevados, como explorar una mina terrestre o marítima, o desactivar una bomba. La figura 1 ilustra a un robot humanoide de servicio realizando diversas tareas.

La revolución robótica va a detonar un importante avance científico y tecnológico en diversas áreas de la mecánica, control, electrónica y computación; pero además ayudará a resolver problemas sociales de salud y seguridad, entre otros; y creará una nueva industria con importantes beneficios económicos. En su conjunto, la robótica impulsará el desarrollo de los países que inviertan y se coloquen a la vanguardia en esta tecnología.

Dentro de la gran gama de posibles robots que se pueden desarrollar, sin lugar a duda, los robots humanoides son los que ofrecen mayores beneficios. Un robot humanoide es un robot móvil que tiene una apariencia similar a la de un ser humano, incluyendo la capacidad de manipulación (brazos) y locomoción (ya sea bípedo o con llantas). Por un lado se espera que un robot humanoide de tamaño natural tenga la capacidad de utilizar todas las herramientas que el hombre ha desarrollado a lo largo de su historia, sin que

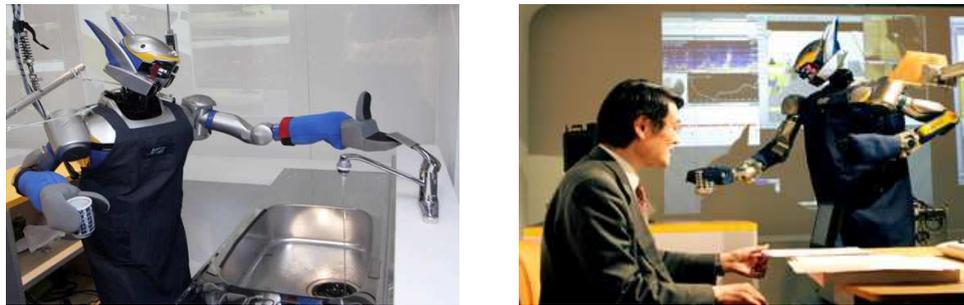


Figure 1: Ejemplos de un humanoide realizando tareas de servicio.

se tengan que adaptar ambientes especiales. Esto es muy importante, ya que abre una amplia gama de aplicaciones para este tipo de robots. Por otro lado, los robots humanoides están en el extremo de complejidad de los robots de servicio. Esto implica, que al contar con las capacidades para desarrollar robots humanoides, el desarrollo de robots más sencillos se vuelve mucho menos complejo. La interacción de los robots humanoides con las personas se da de una manera más natural al tener una apariencia similar a la de un humano, y por lo tanto se espera mayor aceptación que con otro tipo de robots. Finalmente, existe una tendencia emocional y cultural de contruir máquinas que se parezcan y trabajen como humanos.

Consideramos que es importante que México se vuelva un protagonista mundial en el desarrollo de los robots humanoides de servicio; en las siguientes secciones detallamos porqué esto es esencial para el desarrollo del país.

## 2 Omnipresencia y dependencia tecnológica

La penetración de la robótica en diversos sectores ya es una realidad. Existen actualmente diversas aplicaciones a partir del uso de robots, tan diversas, como tareas militares y de seguridad, en el sector salud, en servicios domésticos, en el acceso y exploración de lugares remotos o peligrosos, en la industria manufactura para incrementar la productividad y la eficiencia de los factores, en atención de personas con discapacidades, en entretenimiento, por mencionar sólo algunas. Diversos investigadores estiman que la industria robótica podría ser tan importante como la industria automotriz<sup>1</sup>. Se espera

---

<sup>1</sup>Por cada empleo en la industria automotriz se generan otros siete empleos en industrias relacionadas y en 2001 representó el 3.7% del PIB de Estados Unidos y en 2005, el 2.5%

un muy importante incremento en el mercado mundial de robots, en particular de los robots de servicio, ver figura 2. Si no se invierte en México en esta tecnología, se va a crear una costosa dependencia en el futuro y se estará perdiendo la oportunidad de insertarse con éxito en este campo a partir de una visión estratégica de largo plazo. El campo de la robótica promete tener un crecimiento acelerado en los próximos años, con penetración y repercusiones innovadoras en prácticamente todos los sectores económicos del país. México tiene la oportunidad y la obligación de posicionarse como país generador y exportador de una de las tecnologías que van a moldear el futuro de la sociedad.

### 3 Competitividad

Independientemente de las fórmulas empleadas para medir la competitividad de un país, el resultado neto es que México ha perdido competitividad en la última década. El Foro Económico Mundial estima que México ha perdido más de veinte lugares en los últimos diez años, al pasar de la posición 32 a la posición 55 y resulta altamente preocupante la tendencia a la baja que muestra el país. En el mundo globalizado de hoy, perder competitividad implica dejar de ser atractivo para la inversión nacional y extranjera, supone aumento del desempleo y significa abatir, aún más, las condiciones de bienestar de los ciudadanos. Existen diversos factores que influyen en los niveles de competitividad de un país, entre los que se pueden citar: contar con una sociedad incluyente, preparada y sana, disponer de mercados de factores eficientes, contar con sectores precursores de clase mundial, y contar con sectores económicos con potencial creciente y probado. El desarrollo de la robótica en México permitirá el abaratamiento de esta tecnología, hará más eficiente los procesos en diversos sectores productivos, mejorará su calidad y por tanto incrementará la competitividad del país. Por otro lado, los robots de servicio ayudarán a impulsar las políticas públicas, como se plantea más adelante, lo cual contribuirá a formar una sociedad con mayor equidad. Los países industrializados como Japón, Corea, Estados Unidos y la Unión Europea están invirtiendo fuertes cantidades de dinero en el desarrollo de la robótica porque estiman que va a ser uno de los factores que impulsará su desarrollo y elevará sus niveles de competitividad. Las proyecciones de mercado mundial son de crecimiento exponencial, lo que abre oportunidades de

---

del PIB nacional.

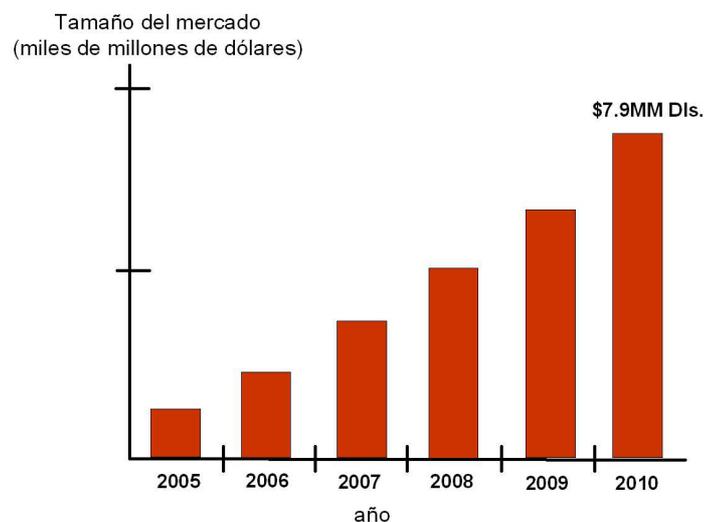


Figure 2: Tendencia esperada del mercado de robots de servicio (fuente: Robotic Trends in the Consumer Robotics Market, 2005).

crecimiento para México del mismo orden si continuamos en la frontera del conocimiento y si se trabaja en la construcción de mercados de innovación a nivel nacional. México no puede seguir rezagándose y debe actuar con determinación para recuperar sus niveles de competitividad internacional; la inversión en robótica es una vía promisoriosa para lograrlo.

## 4 Industria tecnológica

En forma análoga a la industria automotriz y a la de las computadoras, una industria robótica tendrá en el futuro un efecto multiplicador, generando industrias proveedoras (partes mecánicas, electrónicas, etc.) y consumidoras (desarrolladoras de software y aplicaciones), que contribuirán al desarrollo económico del país. Se espera una importante generación de patentes dado que la industria robótica es relativamente joven y tiene expectativas muy altas de crecimiento. También se espera que se generen empresas especializadas en las diversas aplicaciones que se darán con los robots de servicio, por ejemplo, para labores domésticas, de la salud, culturales, de enseñanza, de seguridad, etc.

Las industrias de alta tecnología han experimentado el crecimiento más



Figure 3: Ejemplo de un robot asistente en hospitales.

rápido en la economía global y ahora constituyen el mayor componente individual de las exportaciones manufactureras de los países desarrollados. Un aspecto fundamental para un desarrollo económico próspero es la capacidad de entrar y competir en sectores de alta tecnología. La robótica es uno de ellos y México tiene la capacidad de hacerlo.

## 5 Políticas públicas

Se espera que la robótica beneficie a una gran cantidad de sectores, pero en particular se espera que facilite la implantación de políticas públicas en el sector salud, en aspectos de seguridad, y en las áreas educativas.

1. Existe una clara tendencia de crecimiento acelerado de personas de la tercera edad, sin embargo, no existe la infraestructura apropiada ni se cuenta con personal capacitado y suficiente para su cuidado. Por otro lado, existe una gran cantidad de personas con discapacidades que requieren una atención especial. Los robots humanoides de servicio pueden ayudar a la implantación de políticas públicas, ya que pueden servir como acompañantes, ayudar a recordar qué medicinas tomar y cuándo tomarlas, monitorear signos vitales y reconocer posibles situaciones que requieran atención médica, hacer llamadas de urgencia, etc.; ver figura 3. También pueden ayudar a realizar tareas como leer en voz



Figure 4: Ejemplo de robots utilizados en seguridad (Fuente: Secur-O-bot, Alemania).

alta y contestar correos electrónicos, buscar y leer noticias de Internet, alertar sobre posibles obstáculos a ciegos, identificar y alertar la presencia de personas, entre otras.

2. La seguridad se ha vuelto una de las preocupaciones principales de la sociedad moderna. Se calcula que sólo en la Ciudad de México hay más de 400 delitos cometidos en las calles todos los días; sin embargo, se estima que no se denuncia más del 90% de ellos. Un robot de servicio puede cuidar un lugar haciendo uso de sus sensores, “patrullar” espacios, reconocer situaciones anormales o movimientos considerados como sospechosos, grabarlos y alertar, o bien llamar a las autoridades correspondientes.
3. Independientemente de los importantes avances que se puedan lograr en aspectos científicos y tecnológicos, así como de las implicaciones que pueda tener para ayudar a implantar políticas públicas en áreas tan prioritarias como salud, o de las altas expectativas de desarrollo de una industria con repercusiones potenciales muy positivas en el desarrollo económico del país, se tiene que reconocer que los robots humanoides son muy llamativos. El contar con robots humanoides “Hechos en

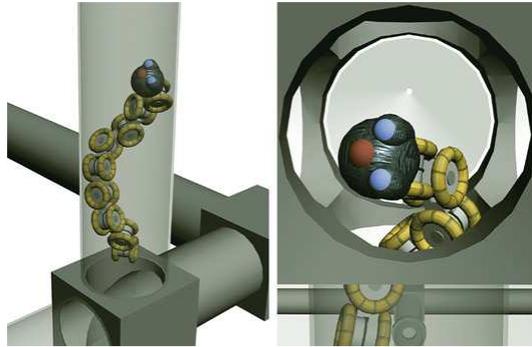


Figure 5: Ejemplo de un robot para inspeccionar ductos.

México”, haciendo diversas tareas creará una imagen positiva en la juventud, y en la sociedad en su conjunto, en cuanto a las capacidades que se tienen en México para estar a la vanguardia en tecnologías de punta, promoverá la educación, ayudará a difundir la ciencia e impulsará el desarrollo de nuevos avances científico y tecnológicos.

## 6 Productos derivados

Los robots humanoides son particularmente atractivos por su similaridad con los humanos y porque prometen utilizar las herramientas, dispositivos y sistemas que el hombre ha diseñado para su uso a lo largo de los años. Por otro lado, la tecnología y componentes desarrollada para los humanoides puede utilizarse para diversos robots y aplicaciones. Por ejemplo, la tecnología para los brazos manipuladores se pueden utilizar para construir manipuladores de bajo costo accesibles para la pequeña o mediana industria. Esto es muy importante, ya que abre la posibilidad de proveer a la pequeña y mediana empresa con tecnología de punta a un costo razonable, que le permita eficientar sus procesos y enfrentar en mejores condiciones los efectos de una economía global. En la figura 6 se muestra como diferentes parte de un robot humanoide se pueden transformar en diversos productos.

También se pueden desarrollar robots tele-dirigidos para situaciones de peligro, como incendios o derrumbes, para no arriesgar vidas humanas. Se pueden desarrollar plataformas móviles que se pueden utilizar con fines de inspección, por ejemplo, de tanques de almacenamiento, ductos y alcantarillados; como se ilustra en la figura 5.

## 7 Desarrollo de la ciencia

Desde el punto de vista científico, entender y explicar la inteligencia humana, así como crear máquinas inteligentes, siguen siendo unos de los grandes retos de la actualidad. Una de las teorías sobre la inteligencia establece que ésta sólo se puede entender cuando está asociada a un cuerpo físico (“embody”) que le permita interactuar con el mundo. En este sentido, el desarrollo de robots “inteligentes”, y en particular de robots humanoides, es una manera de poder ampliar nuestro conocimiento acerca de lo que es la inteligencia; y un gran reto para el avance en el desarrollo de máquinas inteligentes. El impulso de la robótica en el país también ayudará a atacar problemas científicos en mecánica, electrónica, control y computación. En particular, se podría avanzar en el uso de nuevos materiales como fluidos magnetoreológicos, materiales electro-elásticos y micro-electro-mecánicos o MEMs. Se avanzaría en teorías modernas de control adaptable y dinámico para que el robot no sólo pueda caminar, sino que incluso pueda correr. También se podría avanzar en el diseño de nuevos sensores y equipo electrónico que atienda necesidades en ahorro de energía, operar en tiempo real, ser modular y de bajo costo; requeridas para el desarrollo de robots humanoides. Finalmente, se avanzaría en diversos campos de las ciencias computacionales tales como aprendizaje por imitación, reconocimiento de objetos y personas e interacción en lenguaje natural, entre otras.

## 8 Efecto multiplicador

La robótica es particularmente atractiva por su efecto multiplicador al integrar diversas áreas científicas y tecnológicas. Por un lado, el desarrollo de la robótica actúa como catalizador para acelerar el desarrollo científico en áreas relacionadas como visión, control, planificación, interacción humano-robot, mecánica, electrónica y sistemas de aprendizaje, entre otras; estos avances que resultan inherentes a la robótica, también pueden utilizarse con gran éxito en otros desarrollos científicos y tecnológicos relevantes para el país. Por ejemplo, los desarrollos en visión pueden extenderse a aplicaciones de seguridad, control de calidad, análisis de imágenes médicas, etc. La investigación en interacción humano-robot puede emplearse a mejorar en general la interacción humano-computadora, con repercusiones en la industria de las comunicaciones, sistemas de información, sistemas interactivos, etc. Las

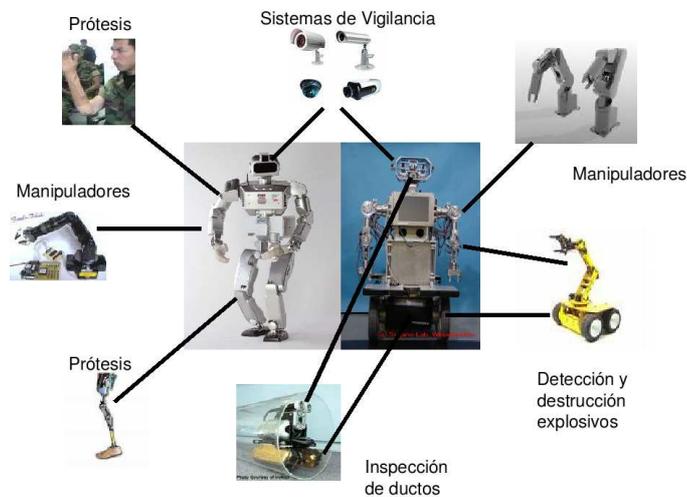


Figure 6: Diferentes partes de un robot humanoide pueden servir de base para diversas aplicaciones.

soluciones en cuanto a la coordinación de tareas que tiene que realizar un robot, pueden extrapolarse a problemas de decisión como el control de procesos industriales complejos. Los avances en electrónica y control pueden ayudar a automatizar diversos procesos industriales. En suma, todos los desarrollos científicos y tecnológicos asociados e impulsados por el desarrollo de robots humanoides pueden influir positivamente en el avance de la comunidad científica en tecnologías de punta, así como en diversos procesos productivos. Por otra parte, el amplio espectro de la robótica estimula la formación de cadenas productivas muy importantes, pues no sólo eleva la calidad y el control de insumos y materiales especializados que participan en la producción de robots y sus componentes, sino que también fomenta la capacitación y desarrollo de capital humano de gran calidad a lo largo de las cadenas productivas que origina desde el inicio hasta el destino final.

## 9 La robótica está al alcance del país

A diferencia de otras áreas científicas en donde se requiere una substancial inversión de recursos para poder competir a nivel mundial y en donde la tecnología de punta se encuentra varias décadas adelante de la realidad nacional, el desarrollo de la robótica está al alcance del país, ya que la mayoría

de la tecnología para su desarrollo está disponible y, además se ha trabajado en robótica en los principales centros de investigación y en las grandes universidades del país por muchos años. Esto significa que tenemos las mismas oportunidades de generar alto valor agregado. Su desarrollo, sin embargo, requiere de una inyección de recursos adecuadamente enfocados que permitan crear las condiciones necesarias en el país para alcanzarlo y formar recursos humanos que sustenten y le den continuidad al área.

## **10 Generación de recursos humanos**

El incremento esperado en el área de robótica va a requerir una gran cantidad de recursos humanos tanto en la academia como en la industria. El impulso de la robótica en el país requiere la participación de manera coordinada de los grupos más importantes en esta área, lo cual contribuirá a la formación de especialistas a nivel nacional en las diferentes áreas de la robótica, tanto a nivel profesional como a nivel de maestría y doctorado. El país requiere formar expertos en robótica que atiendan a las demandas futuras de una industria creciente y apoyen carreras como la de mecatrónica la cual es ofertada actualmente por 45 instituciones educativas a nivel nacional.

## **11 Conclusiones**

El desarrollo de la robótica está al alcance del país. El impulsar el desarrollo de robots humanoides en México ayudará a mejorar la competitividad del país y nos colocará en ventaja competitiva ante una previsible invasión de una nueva industria que se vislumbra inminente. Por otro lado, eliminará gran parte de la dependencia tecnológica que irremediablemente se creará en una gran cantidad de sectores económicos si no se aborda esta tecnología de forma inmediata. Ayudará a desarrollar una industria nacional en este rubro y en tecnologías asociadas, impulsando la generación de patentes y trayendo consigo nuevos empleos y el abaratamiento de costos en este tipo de tecnologías. Se espera que sus aplicaciones tendrán repercusiones económicas y sociales importantes que ayudarán a la implantación de políticas públicas en el país relacionadas con el sector salud, seguridad y educación. Se tendrá un importante impacto en el avance científico en áreas como las ciencias cognitivas, las ciencias de la ingeniería y las ciencias computacionales. El desarrollo de

robots tendrá un efecto multiplicador que beneficiará otras áreas científicas y tecnológicas y favorecerá la generación de encadenamientos productivos. Finalmente, ayudará a formar una nueva generación de profesionistas que pueda atender a las demandas esperadas en esta área.

No cabe duda que los robots de servicio, en particular los humanoides, van a tener un desarrollo muy importante en los próximos años con un mercado similar al que actualmente tienen las computadoras; la pregunta es si México va a ser un protagonista en el desarrollo de los robots del futuro o un simple observador.

## 12 Información adicional

Las expectativas del crecimiento de mercado de los robots de servicio de acuerdo al *International Robotic Association* se detallan en la siguiente dirección:

[http://www.robotinvestments.com/RI\\_worldwide\\_market.htm](http://www.robotinvestments.com/RI_worldwide_market.htm)

La página de *World's greatest android projects* en donde viene información de diferentes proyectos de humanoides a nivel mundial:

<http://www.androidworld.com/prod01.htm>

Proyecto Europeo *COGNIRON: The Cognitive Robot Companion*, cuyo objetivo es el de crear robots de servicio que puedan servir como acompañantes:

<http://www.cogniron.org/>

En *Scientific American* se presentan varios reportajes sobre la robótica y sus expectativas futuras:

<http://www.sciam.com/report.cfm?id=Robots%20IDR>

Información del IEEE sobre robots de servicio, con ligas hacia aplicaciones, tecnologías, proyectos, revistas y congresos:

<http://www.service-robots.org/index.htm>